

Vers un suivi en temps réel de la sécheresse au Maroc à partir des données Météosat Seconde Génération (MSG)

Jean-Claude Bergès⁽¹⁾, Bernard Lacaze⁽¹⁾ et Mohamed Faouzi Smiej⁽²⁾

⁽¹⁾ Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographique (PRODIG), CNRS UMR 8586, 191 rue Saint-Jacques 75005 Paris, prodig@univ-paris1.fr
<http://prodig.univ-paris1.fr/umr>

⁽²⁾ Centre Royal de Télédétection Spatiale, Angle Av. Sanawbar & Av. Allal El Fassi, Secteur 21, Hay Riad, Rabat, [crtis@crtis.gov.ma](mailto:crts@crtis.gov.ma), <http://www.crtis.gov.ma>

Résumé : La seconde génération des satellites météorologiques Météosat (MSG) utilise un nouveau capteur (SEVIRI) qui présente des caractéristiques améliorées par rapport à la première génération (1 prise de vues toutes les 15 minutes, 11 canaux spectraux à résolution 3km et 1 canal panchromatique à résolution 1km). La mise en œuvre d'une station de réception et de logiciels de prétraitement appropriés est nécessaire pour la production en temps réel d'indicateurs bioclimatologiques de la sécheresse comme l'indice de végétation NDVI, la température de brillance Tb, ou une combinaison de ces paramètres. L'article illustre la méthodologie mise en œuvre à Paris dans le cadre du Groupement de Recherche du CNRS « MSG-ATR » (Analyse en Temps Réel des données MSG). La mise en place récente d'une station d'acquisition au CRTS de Rabat permet d'envisager dans un proche avenir le suivi en temps réel de la sécheresse à l'échelle du Maroc, avec une maîtrise de l'ensemble de la chaîne de traitement.

Mots-clés : Météosat, MSG, sécheresse, indice de végétation, température de surface, Afrique, Maroc

1. Introduction

L'évaluation de l'état des couverts végétaux et le suivi du stress hydrique sont d'une importance capitale pour les régions arides et semi-arides, en particulier dans les zones de parcours et d'agriculture pluviale. Il importe en effet de surveiller l'impact des sécheresses prolongées et de pouvoir le cas échéant prendre en temps utile les mesures nécessaires pour compenser la diminution de la productivité végétale. Les systèmes d'alerte élaborés à l'échelle internationale comme par exemple SISAAR proposé par la FAO (Coullet, 2000) ou

Drought Early Warning de NESDIS/NOAA (Kogan, 2000) reposent essentiellement sur les données des capteurs NOAA-AVHRR et la comparaison des données acquises avec la moyenne de données archivées sur une période de plusieurs années antérieures.

Si les systèmes internationaux s'avèrent nécessaires pour un diagnostic à l'échelle du globe et pour la mise en alerte des régions les plus défavorisées, il est également souhaitable, au niveau national, que chaque pays concerné par le risque de sécheresse puisse maîtriser l'ensemble de la chaîne de traitement en temps réel, depuis l'acquisition des données-satellite jusqu'à la diffusion des alertes. A l'heure actuelle, le CRTS de Rabat utilise les données NOAA-AVHRR ou SPOT-VEGETATION pour calculer un indice de végétation NDVI décadaire, dont la cartographie par région administrative et les statistiques sont diffusées à travers un bulletin mensuel (Bulletin de suivi global de la campagne agricole par télédétection, cf. <http://www.crts.gov.ma/CompAgri/>).

En complément ou en remplacement des données NOAA-AVHRR, les données du capteur SEVIRI de Météosat 8 (MSG-1) offrent de nouvelles possibilités de suivi en temps réel de la sécheresse, qui sont présentées ci-dessous à partir de l'expérience acquise par le GDR du CNRS MSG-ATR.

2. La réception des données Météosat

La première utilisation des images Météosat est évidemment la prévision météorologique. Cependant d'autres utilisations sont facilement envisageables, grâce au faible coût d'installation d'une station de réception et à la politique d'EUMETSAT qui autorise la réception et la diffusion gratuite des images en temps quasi-réel pour des finalités scientifiques.

Après le lancement du premier satellite Météosat de seconde génération (MSG-1) le 28 août 2002, le système de transmission des données a dû être revu pour cause de panne. Finalement, à partir du 29 janvier 2004, MSG-1 est devenu pleinement opérationnel sous le nom de Météosat 8, avec une réception des données par le centre EUMETSAT à Darmstadt (Allemagne) et une rediffusion par EUMETcast via un satellite de télécommunication DVB (Hotbird 6).

A l'échelle du continent africain, le projet PUMA (Préparation à l'Utilisation de MSG en Afrique) financé par l'Union Européenne à hauteur de 11 millions d'euros, a permis de mettre en place 59 stations de réception (53 dans les services météorologiques nationaux et 6 dans des centres régionaux) et de former 350 techniciens. Actuellement, le projet AMESD (*African Monitoring of the Environnement for Sustainable Development*) se propose de développer les

applications environnementales des données MSG en Afrique, comme une composante du programme GEOSS (*Global Earth Observation System of Systems*).

Plus modestement, à l'initiative du CNRS et des Universités Paris 1 et Paris 7 une station de réception a été installée à l'université Paris 7 et sa mise en œuvre doit répondre aux besoins d'une communauté d'une soixantaine d'utilisateurs, avec plusieurs thèmes d'étude : système et méthodes de traitement ; précipitations ; surfaces continentales ; climat, santé, développement ; sciences de la Terre et catastrophes naturelles (cf. <http://prodig.univ-paris1.fr/msg/>).

Récemment, une station d'acquisition a été installée au CRTS de Rabat, en vue d'applications à la surveillance environnementale du Maroc, en complément des systèmes existants.

3. Le capteur SEVIRI

Le capteur SEVIRI (*Spinning Enhanced Visible and Infra Red Imager*) permet l'acquisition d'images toutes les 15 minutes. Il comporte 11 canaux utilisant des bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge thermique, avec une résolution spatiale de 3km, et un canal panchromatique à haute résolution spatiale (1km). Les caractéristiques des canaux 1, 2, 3 et 12 sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Canal	Domaine spectral	λ_{cen}	$\lambda_{\text{min}} - \lambda_{\text{max}}$	Résolution spatiale (au nadir)
01	Vert - Rouge	0.635 μm	0.56 – 0.71	3 km
02	Proche infrarouge	0.810 μm	0.74 – 0.88	3 km
03	Infrarouge de courtes l. o.	1.640 μm	1.50 – 1.78	3 km
12	HRV	-	~ 0.40 – 1.10	1 km

On notera que l'image panchromatique à haute résolution spatiale ne recouvre pas l'ensemble du champ des images à 3km ; dans la configuration habituellement utilisée, la majeure partie du Maroc est couverte par l'image panchromatique (cf. Figure 1).

4. Le prétraitement des données

Les images étant acquises toutes les 15 minutes, on peut utiliser cette répétitivité pour obtenir des synthèses temporelles, dans le but d'éliminer les pixels affectés par la présence de nuages ou d'ombres de nuages.

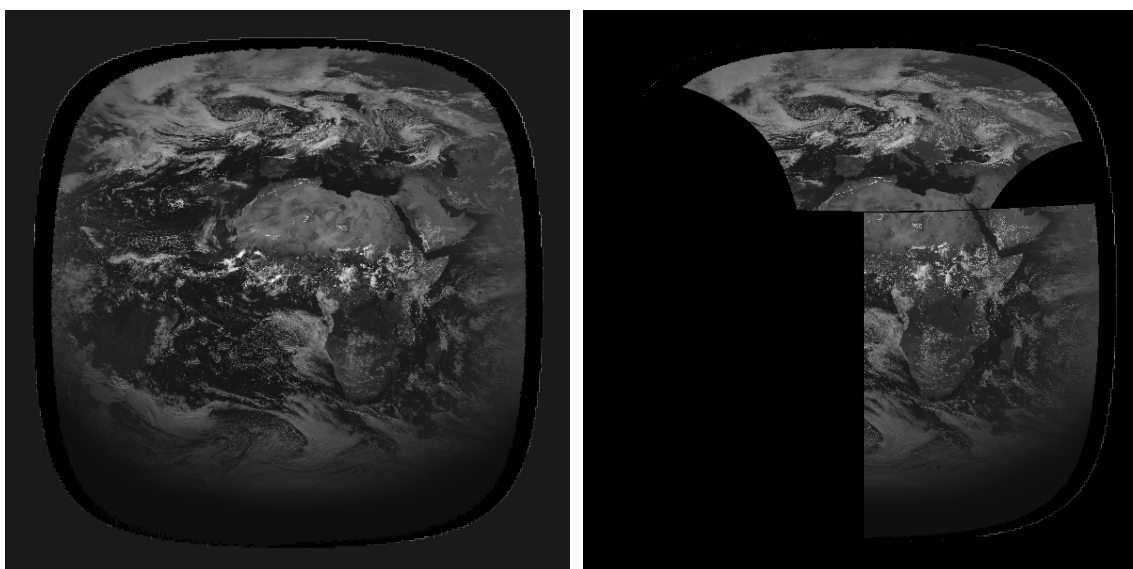


Figure 1. Champ couvert par les images à 3km de résolution (à gauche), et exemple de champ couvert par l'image panchromatique à 1km de résolution (à droite).

La méthode utilisée pour la production d'une synthèse temporelle est celle de l'identification du maximum de la température de brillance dans la séquence des images répétitives disponibles. Cette opération est réalisée à l'aide du logiciel **Satnap** développé par J. C. Bergès et F. Chopin (cf. <http://prodig.univ-paris1.fr/msg/lost00.html>). Ainsi, pour une séquence journalière on peut calculer la température maximale par superposition de 96 images potentiellement disponibles sur un cycle de 24h.

Pour l'indice de végétation NDVI, calculé comme la différence normalisée entre les valeurs enregistrées dans le rouge et le proche infrarouge, la méthode habituelle consistant à rechercher le maximum de l'indice dans une séquence d'images n'est pas applicable ici en raison des variations engendrées par les conditions d'illumination solaire au cours de la journée. La méthode proposée consiste alors à rechercher pour chaque pixel la valeur de NDVI qui correspond au moment de la journée où la température maximale a été enregistrée. On notera que le calcul de NDVI s'effectue à partir des données de luminance brutes (pas de correction des effets atmosphériques)

5. Exemples d'indices bioclimatologiques obtenus à partir des données MSG

La figure 2a donne l'exemple de la température de brillance maximale obtenue dans la période du 1 au 10 juillet 2004 (maximum des T_{\max} journaliers) et la figure 2b celui de l'indice NDVI calculé également comme le maximum des NDVI journaliers.

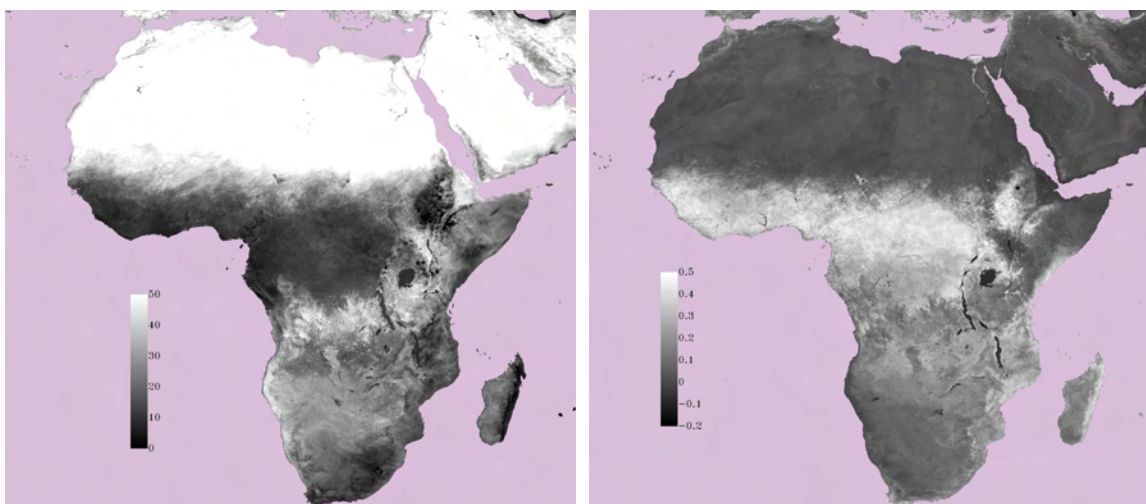


Figure 2a. Température de brillance maximale pour la période du 1 au 10 juillet 2004

Figure 2b. Indice de végétation NDVI maximum pour la période du 1 au 10 juillet 2004.

Le principal intérêt du recours aux données MSG est d'obtenir des synthèses temporelles de meilleure qualité, par une élimination quasi-totale des pixels nuageux. Nous illustrerons ce point en comparant l'image NDVI obtenue à partir de MSG (figure 2b) avec l'image SPOT-VEGETATION : synthèse S10, disponible gratuitement (cf. <http://www.vgt.vito.be/>) fournie pour la même période, première décade de juillet 2004 (Figure 3a).

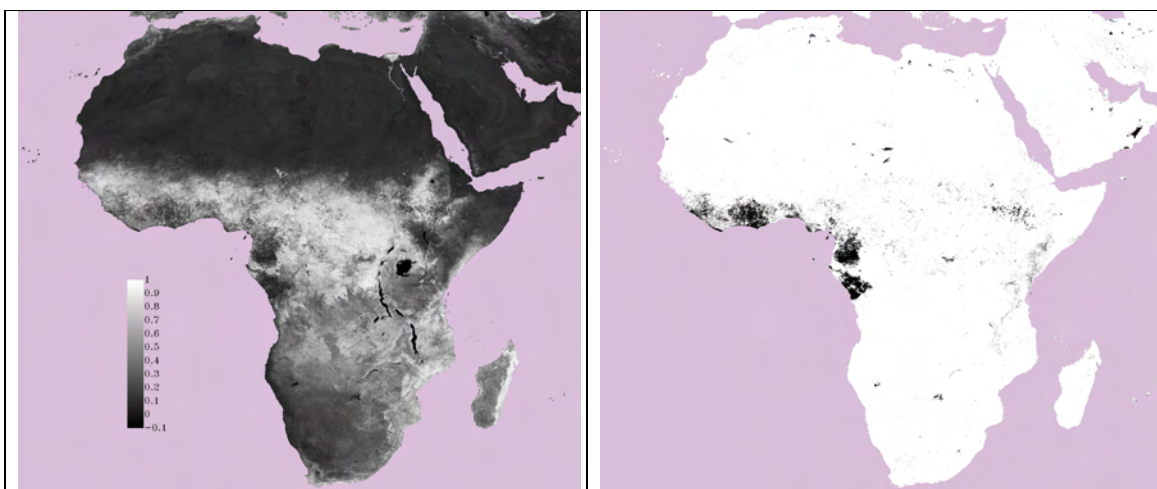


Figure 3a. Indice NDVI pour la période du 1 au 10 juillet 2004

Figure 3b. Pixels affectés par des perturbations atmosphériques (nuages, ombres de nuages)

On notera que les 2 images sont fortement corrélées, sauf toutefois pour les régions tropicales et équatoriales. En effet, la méthode de production des NDVI décadaires à partir de SPOT-VEGETATION à partir de 10 images journalières ne conduit pas à éliminer totalement les

pixels affectés par des nuages ou des ombres de nuage. C'est ce qui est illustré à la figure 3b, qui montre les pixels classés en nuage ou ombre de nuages, d'après les données annexes accompagnant les images SPOT-VEGETATION .

6. Conclusions et perspectives

Nous avons montré la possibilité d'obtenir à partir de MSG des synthèses temporelles d'indicateurs comme la température de brillance ou l'indice de végétation NDVI. La synthèse temporelle NDVI obtenue à partir des images MSG sur 10 jours s'avère meilleure que la synthèse SPOT-VEGETATION de la même période. L'exemple illustré ici concerne les régions tropicales au mois de juillet, mais une amélioration similaire peut être escomptée pour les mois d'hiver en régions tempérées de l'hémisphère nord. On peut penser que les données MSG permettront dorénavant de réaliser des synthèses de bonne qualité sur des périodes de 4 à 5 jours.

Toutefois les NDVI obtenus à partir de MSG ont été calculés sans effectuer de corrections atmosphériques, ce qui conduit à un intervalle de variation relativement faible (intervalle observé de -0,2 à 0,5).

D'autre part, la résolution spatiale reste limitée à 3km, à moins d'envisager des méthodes de fusion des données avec le canal panchromatique à 1km. Cette perspective fait l'objet de travaux en cours.

Il faut souligner que les données MSG permettent d'obtenir simultanément les données de température et d'indice de végétation, ce qui conduit à élaborer des indices de sécheresse combinant ces deux paramètres, comme le *Temperature Difference Vegetation Index* (Sandholt, 2002 ; Lacaze, 2005).

En ce qui concerne le suivi de la désertisation, MSG peut s'avérer également une source de données pérennes intéressantes ; en effet, on peut utiliser les données MSG pour évaluer la pluviosité (travaux en cours dans le cadre du GDR MSG-ATR) ; il est alors envisageable à l'échelle annuelle de calculer le ratio somme de NDVI / pluviosité, qui peut être considéré comme un équivalent du coefficient d'efficacité pluviale (Le Houérou, 1984), et par conséquent, comme un indicateur de désertisation (Lacaze *et al.*, 2003).

7. Remerciements

Ce travail a été effectué avec le soutien du Groupement de recherche GDR 2839 du CNRS « Utilisation scientifique des images du satellite MSG acquises en temps réel » (MSG-ATR) (directeurs : Michel Desbois et Catherine Méring).

8. Références bibliographiques

Coullet G., 2000 – *Manuel de détermination et de mise en place d'un système d'information pour la sécurité alimentaire et l'alerte rapide (SISAAR)*. Publication FAO, Série : politiques agricoles et développement économique, n°6, pp. 129. Disponible en version pdf à l'adresse Internet <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/X8622F/X8622F00.pdf>

Kogan F. N., 2000 – Contribution of Remote Sensing to Drought Early Warning. In: *Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management* (D.A. Wilhite, M.V.K. Sivakumar & D.A. Wood. eds.), World Meteorological Organization, Publication WMO/TD N°1037, pp. 86-100. Voir: http://www.drought.unl.edu/ndmc/monitor/EWS/ch7_Kogan.pdf

Lacaze B., 2005 – Remotely-sensed optical and thermal indicators of land degradation. In: *"New Strategies for European Remote Sensing"* (M. Oluić ed.), Millpress, Rotterdam, pp. 211-218.

Lacaze B., Aït-Bachir S. & Sommer S., 2003 – Analyse diachronique de l'efficacité des pluies pour la production végétale dans le bassin méditerranéen de 1982 à 1996. *Télédétection*, **3** (2-3-4), 165-174.

Le Houérou, H. -N. 1984 – Rain-Use Efficiency : a unifying concept in arid land ecology. *J. of Arid Environments*, **7**, 1-35.

Sandholt I., Rasmussen K. & Andersen J. 2002 – A simple interpretation of the surface temperature / vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment*, **79**, 213-224.